

дополнительному упрочнению как диффузионного слоя, так и сердцевины изделия и повышению износостойкости цементованных изделий.

Список литературы: 1. Белошенко В.А. Теория и практика гидроэкструзии [Текст] / В.А.Белошенко, В.Н.Варюхин, В.З.Спусканюк. – К.: Наукова думка, 2007. – 247с. 2. Волков К.В. Упрочнение материалов методами гидропрессования [Текст] / К.В.Волков, А.И.Капустин, В.З.Спусканюк, А.Ф.Черный. – К.: Наукова думка, 1991. – 200с. 3. Баранов А.А Проблемы совмещения горячей деформации и термической обработки стали / А.А.Баранов, А.А.Минаев, А.Л.Геллер, В.П.Горбатенко – М.: Металлургия, 1985. 128с. 4. Береснев Б.И. Упрочнение конструкционных и инструментальных материалов после гидропрессования способами термической и химико-термической обработки / Б.И.Береснев., Л.В.Лоладзе, Б.М.Эфрос // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1991. – № 8. – С.103-105. 5. Матосян М.А. Влияние микродефектов на диффузию атомов внедрения/ Матосян М.А., Борисов В.Т., Голиков В.М. // Физика металлов и металловедение. – 1970. – Т.299, вып.4. – С.824-828. 6. Кидин И.Н. Влияние предварительной холодной пластической деформации на диффузию углерода в аустените / И.Н.Кидин, Г.В.Щербединский, В.И.Андрюшечкин, В.А.Волков // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1971. – №12. – С.26-29.

УДК 621.771

ГОРОБЕЙ Н.Р., студ. НТУ «ХПИ

ПЛЕСНЕЦОВ Ю.А., канд. техн. наук, зав. кафедрой ОМД, НТУ «ХПИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В МЕСТАХ НАИБОЛЬШЕГО ИЗНОСА ПРОФИЛЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Установлено, что в горячекатаном состоянии бичи имеют самую низкую работу разрушения – около 590 Дж. Применение закалки в воде позволило получить высокий уровень твердости, причем работа разрушения в 3,5 раза превышала работу разрушения бичей по первой схеме прокатки. Прокатка по новому способу позволила увеличить работу разрушения в 3,8 раза по сравнению с работой разрушения бичей по первой схеме прокатки.

Встановлено, що в гарячекатаному стані бичі мають найнижчу роботу руйнування – близько 590 Дж. Застосування гартоу в воді дозволило отримати високий рівень твердості, причому робота руйнування в 3,5 рази перевищувала роботу руйнування бичів за першою схемою прокатки. Прокатка по новому способу дозволила збільшити роботу руйнування в 3,8 рази порівняно з роботою руйнування бичів за першою схемою прокатки.

Found that in hot-rolled condition whip have the lowest job-destruction sheniya-about 590J. The use of quenching in water yielded a high level of hardness, and the work of destruction is 3.5 times higher than the work of destruction by pests first scheme rolling. Rolling on a new way of working has increased the destruction of 3.8 paper, compared with the work of destroying pests in the first scheme rolling.

Недостатком всех известных способов прокатки является невозможность выборочного получения требуемых физико-механических свойств в местах наибольшего износа профиля в процессе эксплуатации. В ряде случаев неприемлемо и сплошное охлаждение полосы перед входом в очаг деформации, которое приводит к возрастанию энергосиловых параметров прокатки.

Последующая термообработка с прокатного нагрева также не всегда приемлема, т.к. необходима последующая механическая обработка профилей, например, пробивка отверстий для их крепления, прорезка пазов и т.д.

Для достижения на поверхности профиля требуемых физико-механических свойств в местах, изнашиваемых в процессе эксплуатации, разработана новая технология прокатки.

Сущность технологии (рис.1, рис. 2) заключается в следующем. Во время чистового прохода на прокатываемый металл поперек направления прокатки подают охладитель посредством сопловой насадки 3. Охладитель направляют в канал 4, образуемый двумя соседними зубьями инструмента и деформируемым металлом. Указанный канал образуется вследствие незаполнения металлом калибра ввиду утяжки последнего по вершинам ребер. Предварительно суммарную степень деформации охлаждаемых участков доводят до 76-80%. Проведение охлаждения поверхности полосы в месте формирования ребра обусловлено необходимостью снижения температуры раската до достижения 0,43-0,53 температуры плавления ($700-800^{\circ}\text{C}$). При температурах 850°C , т.е. выше 0,53 температуры плавления стали, эффекта измельчения зерна не наблюдается, а использование чрезмерно низких температур конца прокатки не рекомендуется из-за возможного чрезмерного наклепа, образующегося феррита и неполной его рекристаллизации. Предложенный способ можно рассматривать как разновидность термомеханической обработки (ТМО), поскольку используется эффект высокотемпературной деформации, позволяющей получить дифференцированное поверхностное термоупрочнение ребер, как наиболее изнашиваемой части профиля, не изменяя свойств основной массы металла.

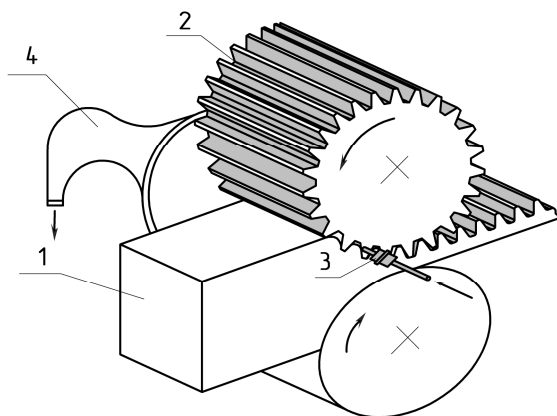


Рис. 1. Схема прокатки по новому способу:

- 1 – исходная заготовка;
- 2 – зубчатый валок;
- 3 – сопловая насадка для подачи охладителя;
- 5 – приемная камера

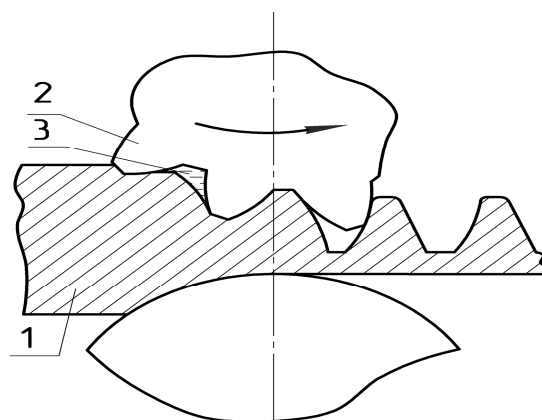


Рис. 2. Очаг деформации в чистовом проходе:

- 1 – исходная заготовка;
- 2 – зубчатый валок;
- 3 – канал для подачи охладителя

Что же касается размера суммарной степени деформации, набираемой в течение нескольких проходов при небольших (в пределах 1-5 сек.) промежутках

времени между проходами, то именно такая ее величина позволяет получить необходимый эффект измельчения рекристаллизованного зерна.

Для реализации новой технологии разработано устройство для подачи охладителя, представленное на рис. 3, рис. 4 и рис. 5.

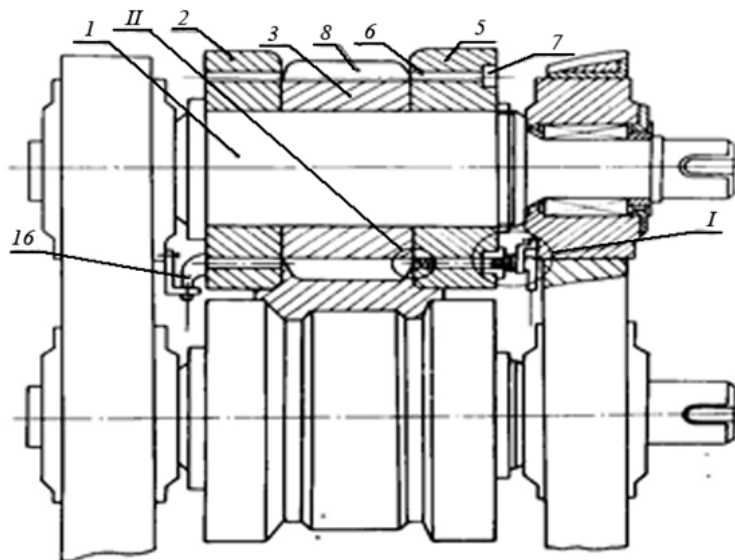


Рис. 3. Устройство для подачи охладителя в сборе:

1 – ось прокатного валка; 3, 4 и 5 – формирующее и два боковых кольца; 6 – осевые каналы; 7 – кольцевая канавка; 16 – приемная камера;

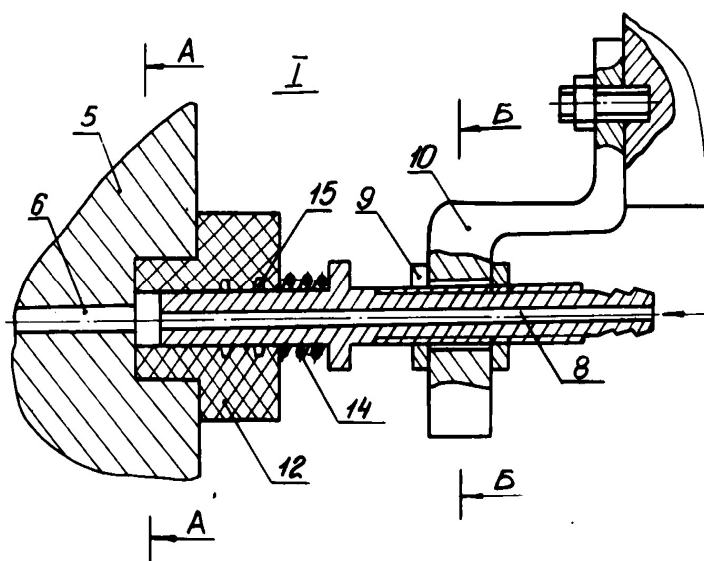


Рис. 4. Патрубок подвода охладителя: 5 – боковое кольцо;

6 – осевые каналы; 8 – трубка; 9 – гайка; 10 – кронштейн; 12 – наконечник; 14 – пружины; 15 – прокладки

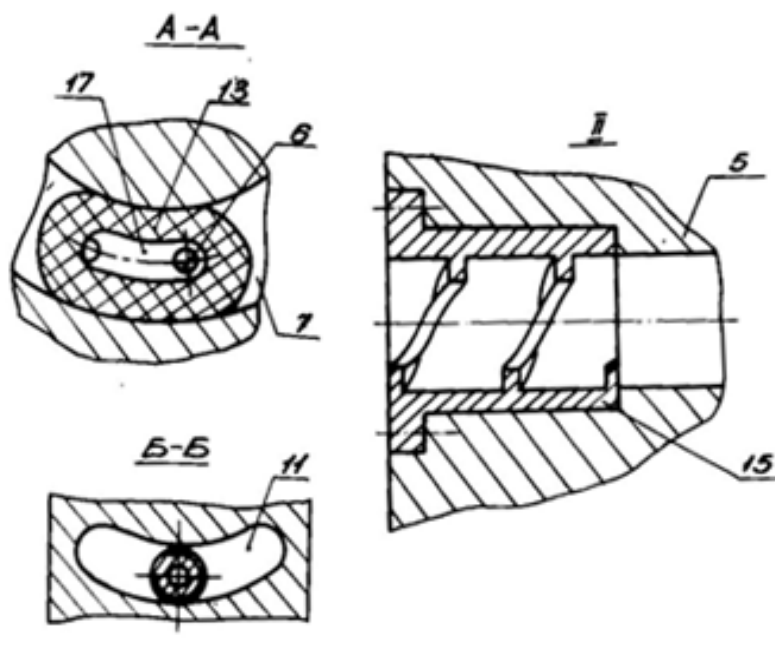


Рис. 5. Элементы устройства: 5 – боковое кольцо; 6 – осевые каналы; 7 – кольцевая канавка; 11 – радиальный паз; 13 – сальник; 15 – турбулирующая вставка; 17 – радиальный паз в наконечнике

Прокатный валок для прокатки периодических профилей с поперечным оребрением монтируется в станине прокатной клетки и содержит ось 1, установленную в подушках. На оси одеты кольца: среднее формирующее 3 и два боковых 4 и 5. В боковых кольцах равномерно по окружности выполнены осевые каналы 6, параллельные оси валка. Число каналов равно числу зубьев формирующего кольца, а расположены они таким образом, что в промежутках между зубьями они открыты. Со стороны подвода охладителя в торце валка выполнена кольцевая канавка 7, охватывающая все осевые каналы, в которой установлен патрубок подачи охладителя. Патрубок включает трубку 8, которая крепится чайкой 9 к кронштейну 10, имеющий радиальный паз 11. Наиболее рациональна установка кронштейна на подушке станины клетки. На трубке установлен текстолитовый наконечник 12, сальник 13 и пружины 14. Выходные концы осевых каналов боковых колец, примыкающих к формирующему кольцу, снабжены турбулирующей вставкой 15. Со стороны отвода охладителя у торца бокового кольца установлена приемная камера 16 для сбора и отвода охладителя, входящая в кольцевой паз. При вращении валков текстолитовый наконечник 12, расположенный в кольцевой канаве, неподвижен, поэтому в уширенной части наконечника одновременно находятся несколько постоянно набегающих осевых каналов. Охладитель проходит по трубе 8, попадает в уширительную часть наконечника и попадает в канал, образуемый двумя соседними зубьями формирующего кольца и раскатом. Острый канал возникает каждый раз в момент начала внедрения очередного деформирующего зуба инструмента в поверхность металла и перемещается вдоль очага деформации, уступая место вновь образуемому каналу. Благодаря уширенной части 17 наконечника подача охладителя в очаг деформации осуществляется непрерывно до полного завершения формообразования поверхности проката. Проходя через очаг

деформации, охладитель по каналам бокового кольца поступают в приёмную камеру для его сбора и отвода, которая также крепится к подушке станины клетки.

Для опробования разработанной технологии прокатки и устройства для его реализации на стане 350 в валках были выполнены каналы (см. рис. 6), в чистой клетке – смонтировано устройство для подачи охладителя (рис. 7). Для экспериментов использовались образцы из стали 45.

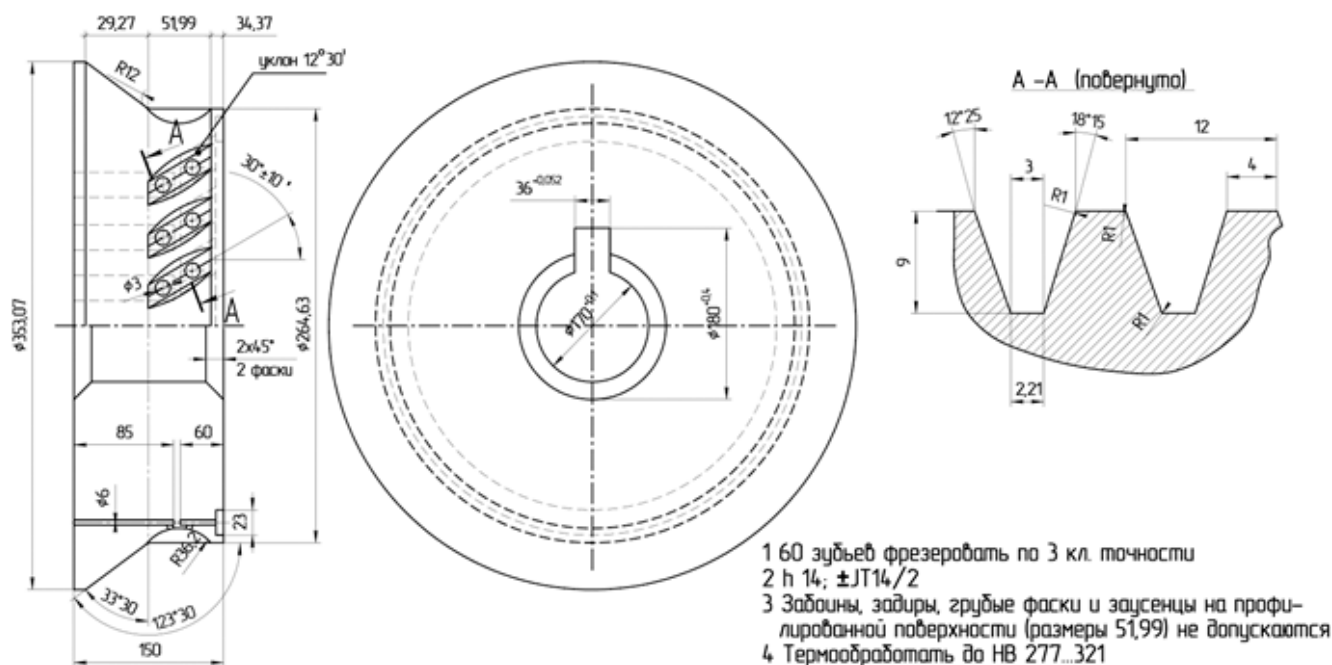


Рис. 6. Зубчатый бандаж с осевыми каналами для опробования нового способа прокатки

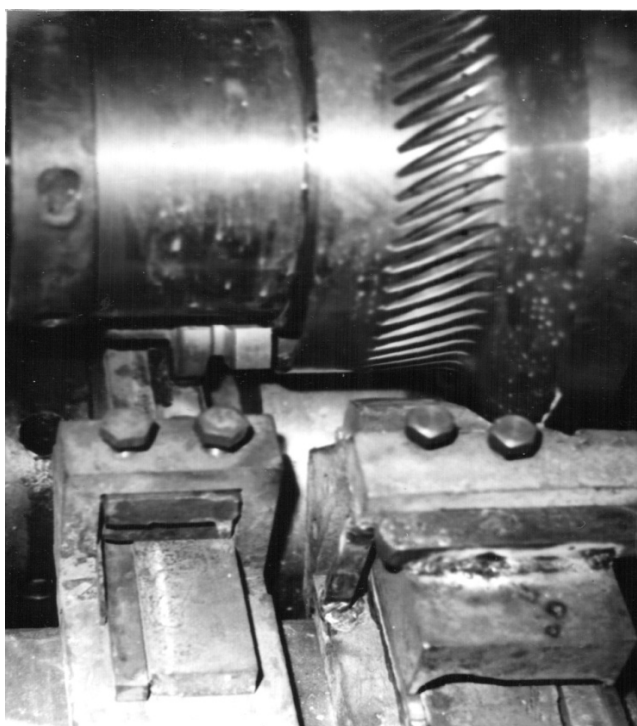


Рис. 7. Чистовая клеть стана 350 с зубчатым бандажом и смонтированным устройством для подачи охладителя

Для определения влияния набора суммарной степени деформации перед чистовым пропуском с последующей прокаткой в периодическом калибре и одновременной подачей охладителя в канал были проведены серии экспериментов по следующим схемам:

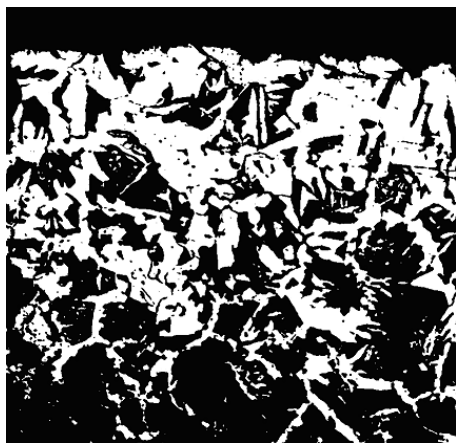
- обычный способ прокатки с естественным охлаждением;
- обычный способ прокатки с последующим ускоренным охлаждением;
- с набором минимальной суммарной степени деформации перед чистовым пропуском и последующей прокаткой в периодическом калибре с ускоренным охлаждением после прокатки;
- по новому способу.

Прокатка углового бичевого профиля осуществлялась при скорости 0,5 и 1 м/с. Температура прокатки в чистовом проходе составляла 900-940°C. После прокатки отбирались темплеты и проводился качественный и количественный анализ полученных физико-механических свойств.

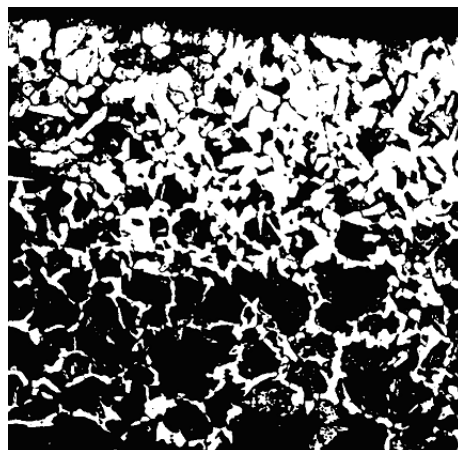
Исследование микроструктуры металла бичей, прокатных по обычному способу прокатки (без подачи охладителя в очаг деформации – рис. 8) показало, что микроструктура металла представляет собой перлит с ферритной сеткой, величина зерна соответствует 6-7 баллу ГОСТ 5639. Твердость бичевого профиля не превышает 229 НВ (соответствует требованиям ГОСТ 4543). Следует отметить, что по сечению профиля твердость изменяется от 20-21 HRC_Э (207-212 НВ) в основании до 24-25 HRC_Э (228-235 НВ) на вершине ребра. Такое различие твердости объясняется различной скоростью охлаждения элементов профиля, отличающихся по толщине. Известно, что для получения бичевых профилей с твердостью 35...45 HRC_Э необходимо охлаждение металла до 400°C. Для определения минимального времени, необходимого для охлаждения бичевого профиля до 400°C, проведены экспериментальные исследования, включающие:

- нагрев образцов бичевого профиля длиной 300 мм до температуры порядка 850°C;
- охлаждение в баке и струйное охлаждение (прерванная закалка) при непрерывном измерении температуры вершин ребра (на глубине 2,5 мм), основания ребра (на глубине порядка 8 мм) и середины основания (на глубине порядка 12 мм).

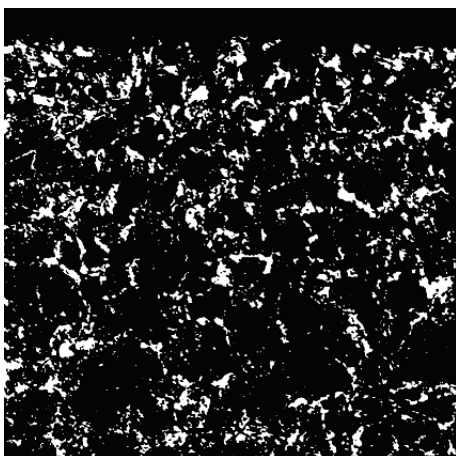
Расход воды при струйном охлаждении подбирали таким образом, чтобы получить скорость охлаждения примерно такую же, как в баке. Полученные графики зависимости температуры образцов от длительности охлаждения представлены на рис. 9.



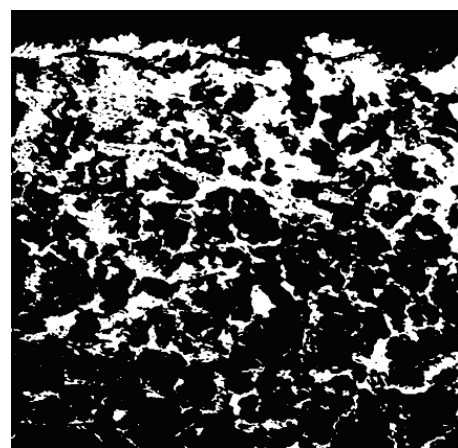
1а



2а



1б



2б

Рис. 8. Микроструктура металла бичей, прокатанных по обычному способу прокатки (1) и по новому способу (2), x200

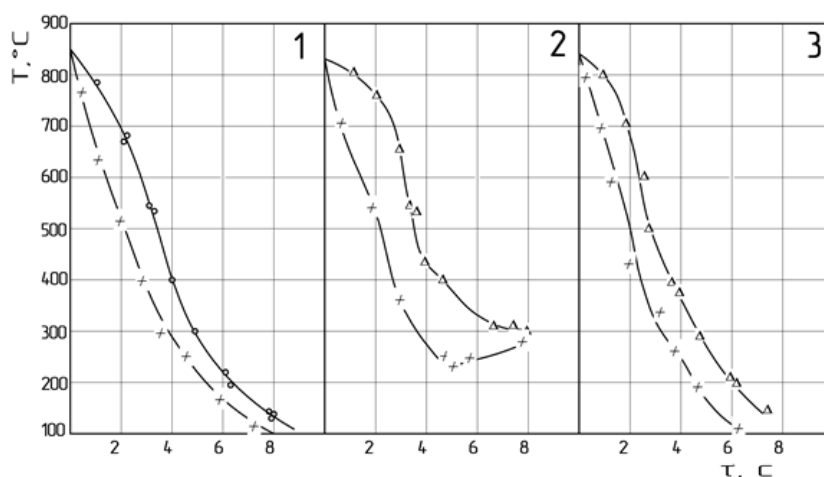


Рис. 9. Зависимость температуры от времени охлаждения бича в баке (1,2) и роликозакалочной машине (3)

Из полученных зависимостей следует, что для охлаждения вершины до температуры, не превышающей 400°C , требуется не менее 3 с, причем температура основания ребра при этом может превышать 500°C .

Суммарный расход воды (сверху и снизу) при таком режиме струйного охлаждения составил $7.5 \text{ м}^3/\text{ч}$ (длина охлаждающего устройства составила 500

мм, а ширина на 20 мм превышала ширину бичевого профиля). Расчет требуемого количества воды для осуществления прерванной закалки бичевого профиля в условиях стана 350 (скорость прокатки 0,5-1,0 м/с) показал, что при времени охлаждения примерно 3с и плотности орошения 15 м³/ч·м, минимальное количество воды составит 22,5-45 м³/ч, а длина охлаждающего устройства 3м.

Проведенные эксперименты показали, что при закалке в баке и в струйном устройстве (т.е. при объемной закалке) для получения на ребре упрочненного слоя с твердостью около 40 HRC_Э толщиной более 2,5 мм, требуется охлаждение в течение не менее 3 с, разница в твердости вершины ребра и основания бича не превышает 10 HRC_Э.

Повышение твердости ребра до 50 HRC_Э потребовало бы увеличения длительности охлаждения до 3,5-4 с, при этом различие в твердости вершины ребра и его основания уменьшилось бы до 5 HRC_Э.

Скорость охлаждения бичей в опытной установке регулировали при помощи изменения расхода воды. При малом расходе воды (менее 1 л/м) не удалось получить скорость охлаждения, достаточную для образования мартенсита на поверхности ребер, а при большом расходе воды (более 3 л/м) существенно увеличилась неплоскостность бичей. С учетом изложенного, закалку осуществляли при расходе воды около 3 л/м.

Прокатка бичевых профилей по новой технологии показала увеличение твердости вершины ребра и основания бичевого профиля на 8-8,8% (в сравнении с прокаткой по предыдущей схеме), что по вершине ребра составило 48-51 HRC_Э. На структуру металла прокатка по этой схеме влияния не сказала.

Твердость определяли на глубине 3 мм от поверхности ребра и на глубине 4 мм от поверхности основания бичей. Работу разрушения бичей определяли путем испытания на ударный изгиб натуральных образцов длиной 160 мм (энергия маятника 1960 Дж) при температуре +20°C.

Выводы:

1. Установлено, что в горячекатаном состоянии бичи имеют самую низкую работу разрушения – около 590 Дж. Применение закалки в воде позволило получить высокий уровень твердости, причем работа разрушения в 3,5 раза превышала работу разрушения бичей по первой схеме прокатки. Прокатка по новому способу позволила увеличить работу разрушения в 3,8 раза по сравнению с работой разрушения бичей по первой схеме прокатки.

2. Сравнение полученных экспериментальных данных при прокатке бичей по этим схемам с различными скоростями прокатки показало, что наиболее эффективно применение нового способа прокатки при скоростях прокатки не более 0,5 м/с.

3. В связи с отсутствием в черной металлургии Украины прокатных станов со скоростями прокатки до 0,5 м/с при производстве бичей с повышенными механическими свойствами (используя только прокатный нагрев) необходимо создание специализированного участка.